EFECTOS EN LA REMOCIÓN DE IONES COBRE AL VARIAR LA CONCENTRACIÓN DE LAURIL SULFATO DE SODIO EN LA FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO DE COLOIDES ADSORBENTES

A. Rivera [(1)] y M. Santander [(1)]
(1) Departamento Metalurgia - Facultad de Ingeniería
Universidad de Atacama
Copayapu 485 Copiapó, Chile.
E-mail : arivera@uda.cl

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de los estudios realizados para la remoción de iones cobre, desde efluentes artificiales, variando la concentración del colector lauril sulfato de sodio aplicando la técnica de adsorción de metales pesados en precipitados coloidales formado a partir de $FeCl_3$ y la separación posterior de estos, desde el líquido, en una unidad de flotación por aire disuelto (FAD). Los resultados de los estudios experimentales muestran que es posible alcanzar eficiencias de remoción de iones cobre del orden de 93% cuando la razón aire/sólido es del orden de 1,49 mg/mg, la presión de saturación de 4 kgf/cm, la concentración de lauril de 20mg/l y un reciclo de 30%.

Palabras clave: Flotación, coloides, laurel, FAD.

1. INTRODUCCIÓN

Las industrias de la celulosa (pulpa y papel), curtiembres, metalmecánica, procesamientos de alimentos, siderúrgica, manufactura de hierro y acero y operaciones mineras son las principales fuentes emisoras de residuos líquidos contaminados con sólidos en suspensión y coloidales, iones de metales pesados, reactivos residuales, etc. Cantidades excesivas de sólidos en los efluentes pueden provocar problemas en el sistema recolector y en la planta de tratamiento, obstruyendo tuberías y bombas, desgaste en los equipos, adherencia en las paredes de los pozos de bombeo, generación de olores desagradables por descomposición, afectan la vida acuática: peces y plantas muertas, sedimentan en el fondo y obstruyen las corrientes, además son grandes captadores de metales pesados que son los más peligrosos para la vida si se encuentran en altas concentraciones,(Mayo, 2002).
En algunas industrias los efluentes líquidos son recirculados dentro de la planta y cuando estos contienen iones disueltos pueden producir perturbaciones en el proceso, por ejemplo en el proceso de flotación la presencia de iones cobre activa la flotación de pirita.
Además, la presencia de metales en aguas es motivo de preocupación, principalmente por sus efectos tóxicos y su bioacumulación en la cadena trófica. Algunos metales son esenciales para la vida (Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Mo, Ni, Co, Cu y Zn). El hierro forma parte de la hemoglobina de la sangre y el cobalto de la vitamina B-12, siendo también un activador de enzimas. El molibdeno participa en los procesos de transferencia de electrones, (Mayo, 2002).
El resto de los metales pesados: mercurio, cadmio, níquel, cromo, etc., son metales no esenciales y tienen efectos dañinos sobre el organismo. Incluso los metales esenciales, cuando sobrepasan las concentraciones requeridas por el organismo, pueden tener efectos tóxicos, (Mayo, 2002).
Uno de los conflictos ambientales más importantes se genera en torno al recurso agua, y una de las actividades con mayor riesgo ambiental es la minería metálica, representada en Chile por el cobre, debido a su poder modificador del paisaje y a sus descargas de residuos tóxicos, (Mayo, 2002).
Siendo un país de gran riqueza minera, Chile tiene que enfrentar el riesgo permanente de sufrir una profunda alteración ambiental, lo que presiona el establecimiento de una estricta política ambiental preventiva.En el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados, se emplea con muy buenos resultados la flotación. La principal ventaja del proceso de flotación frente al de sedimentación por ejemplo, consiste en que permite eliminar con mayor eficiencia y en menor tiempo las partículas pequeñas (tamaño <10 μm) cuya deposición es lenta.

La flotación es una operación unitaria que se emplea para la separación de partículas sólidas o líquidas de una fase líquida. La separación sólido / líquido vía flotación es más eficiente cuando se utiliza microburbujas (burbujas con tamaño <100 μm), (Mayo 2002).
La flotación por aire disuelto (FAD) es un proceso ampliamente utilizado para la remoción de sólidos suspendidos, aceites, grasas y otros desechos disueltos en aguas industriales contaminadas. Es un proceso que consiste en formar un agregado entre microburbujas de aire, las cuales son generadas por sobresaturación de aire en agua, con las partículas suspendidas. Los agregados partícula/burbuja con una densidad menor que la del líquido levitan hasta la interfase liquido/aire.
La unidad FAD consiste de un saturador y una celda de flotación. Hay varias configuraciones diferentes de la unidad FAD y métodos de aplicación del proceso disponible para satisfacer las condiciones de una aplicación particular, (Anónimo 1).
Por ejemplo se esta utilizando ampliamente en la remoción de iones (metales pesados y aniones), remoción de emulsiones, aceites y grasas, separación de tintas, pigmentos y coloides, etc.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1 Reactivos

Las soluciones sintéticas utilizadas fueron preparadas utilizando agua potable de la ciudad de Copiapó, III Región – Chile. En la preparación se utilizó $CuSO_4*5H_2O$, p.a, 98% de pureza, marca Fluka. Como coloide adsorbente fue utilizado $Fe(OH)_3$, el cual fue producido por la hidrólisis del Cloruro Férrico, $FeCl_3*6H_2O$, p.a, 99% de pureza, marca Fluka.
Como reactivo colector fue utilizado lauril sulfato de sodio, $NaC_{12}H_{25}SO_4$, p.a, 99% de pureza, marca Sudelab.
Para ajustar el pH de la solución fue utilizado Hidróxido de sodio, NaOH, p.a, marca Merck, además del agua desmineralizada para la preparación de los reactivos.

2.2 Equipos utilizados

La unidad FAD consiste de un saturador y una celda de flotación mostrada en la figura 1. El saturador construido en el laboratorio de Metalurgia de la Universidad de Atacama esta compuesto de un estanque de 1 m de altura y 28 cm de diámetro construido de PVC hidráulico cuya resistencia a la presión es de 10 kgf/cm^2. La parte interior del saturador consta de tres partes, una parte superior donde se ingresa el aire y el agua a través de unas cañerías perforadas en forma de anillo, una central de 50 cm de altura donde se instaló un empaquetamiento formado por anillos Rasching de 20 mm de diámetro los cuales aumentan el área de contacto aire/agua y una parte inferior de 25 cm de altura donde se almacena el agua saturada la cual se descarga a través de una manguera de alta presión de 10 mm de diámetro conectada a una válvula de aguja. La parte exterior dispone de un marcador de nivel el cual permite controlar que el nivel de agua saturada se mantenga bajo el empaquetamiento de anillos Rasching. En la tapa se instaló un manómetro para la medición de la presión, una válvula de alivio, un filtro de aire y una válvula antiretorno que se conecta al compresor por medio de una manguera de alta presión.

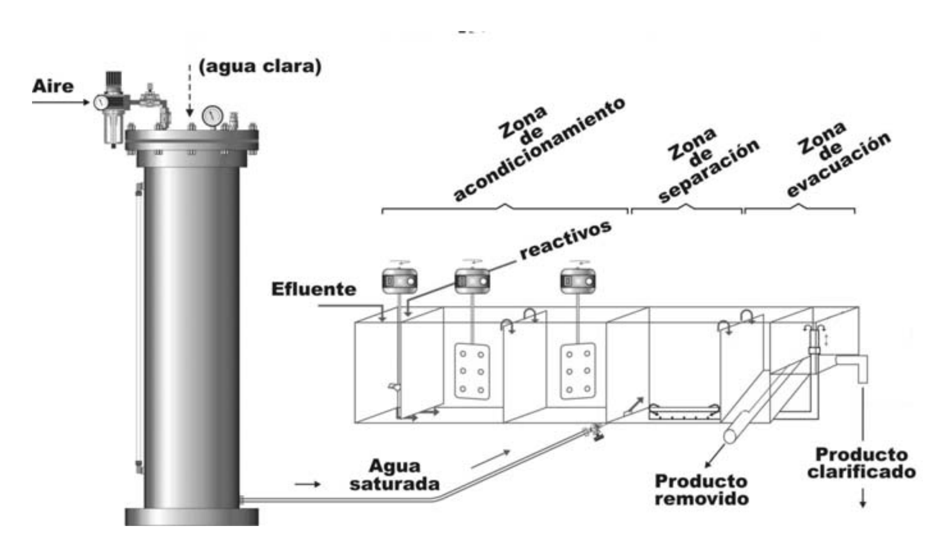


Figura 1. Representación esquemática del saturador y la celda utilizada en las pruebas.

Para las experiencias de remoción de iones cobre se utilizó una celda de flotación FAD construida de acrílico y PVC en el laboratorio de Metalurgia de la Universidad de Atacama. Esta celda de 26,5 cm de altura esta dividida en tres zonas, una de acondicionamiento formada de 3 áreas, la primera de 12 cm de ancho por 11 cm de largo y las otras dos de 12 cm de ancho y 27 cm de largo, todas con su respectivo agitador de velocidad variable, la segunda zona que es de separación y donde se ingresa el agua saturada de 12 cm de ancho y 27 cm de largo y la última zona que es de evacuación de la espuma contaminada y control de nivel de la celda. Para la formación de los coloides se construyó un estanque de fibra de vidrio de 500 l de capacidad con un agitador con regulador de velocidad.

2.3 Flotación

Se realizaron pruebas con una solución artificial contaminada con iones Cu^{2+} en una concentración de 25 mg/l y una concentración de 20 mg/l de iones Fe^{+3} para la formación de los coloides adsorbentes. El procedimiento general aplicado en cada prueba es el que a continuación se detalla

Se llenan los estanques con agua potable, se verifica que el compresor este cargado y se prepara una solución de 5 g/l del colector lauril sulfato de sodio que es dosificado desde un pequeño estanque ubicado sobre la zona de acondicionamiento de la celda de flotación.

Se regula la bomba peristáltica al flujo de alimentación requerido y al comenzar la agitación regulada en el estanque de alimentación se agregan los iones metálicos a partir de los reactivos predeterminados y se ajusta el pH a 11 agregando hidróxido de sodio y observando que la agitación no sea tan violenta y rompa los coloides adsorbentes.

Se comienza a alimentar el efluente contaminado (3.15 LPM) a la celda por la parte superior de la 1° zona de acondicionamiento y se comienza a agregar el colector en la medida determinada. Inmediatamente se regula la entrada de agua saturada a la celda (30% de agua saturada).

Las muestras para análisis químico fueron tomadas cada 15 minutos en la salida del efluente clarificado en la zona de evacuación de la celda.

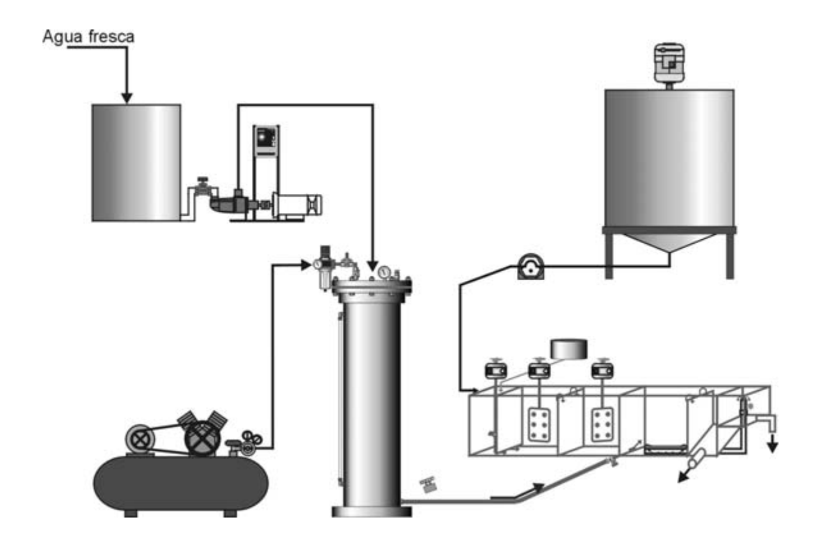


Figura 2: Representación esquemática del circuito completo de flotación utilizado en las pruebas de flotación.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 3 muestra la eficiencia de remoción de iones Cu^{2+} en las pruebas realizadas variando la concentración de lauril sulfato de sodio.

La figura muestra claramente el efecto hidrofobizante del colector sobre los flóculos formados.

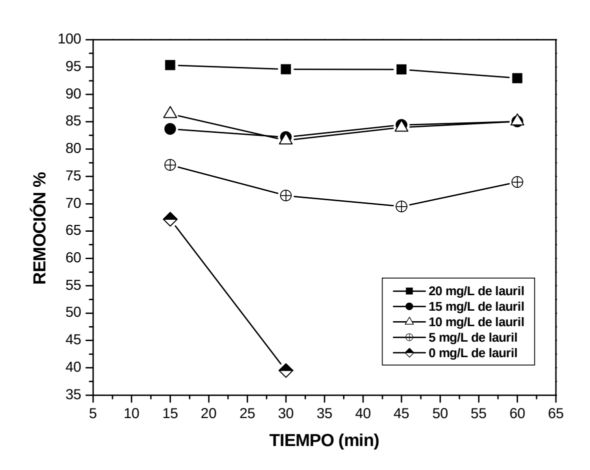


Figura 3: Efecto de la concentración del colector sobre el porcentaje de remoción de iones cobre

Tabla 1: Resultados obtenidos en la remoción de iones cobre utilizando una concentración constante de 20 mg/l de lauril sulfato de sodio.

Tiempo (min.)	Concentración Iones cobre (mg/L)	% Remoción
0	25.68	0
15	1.20	95.33
30	1.39	94.59
45	1.40	94.55
60	1.81	92.95

Tabla 2: Resultados obtenidos en la remoción de iones cobre utilizando una concentración constante de 15 mg/l de lauril sulfato de sodio.

Tiempo (min.)	Concentración Iones cobre (mg/L)	% Remoción
0	25.62	0
15	4.19	83.65
30	4.56	82.20
45	3.99	84.43
60	3.83	85.05

Tabla 3: Resultados obtenidos en la remoción de iones cobre utilizando una concentración constante de 10 mg/l de lauril sulfato de sodio.

Tiempo (min.)	Concentración Iones cobre (mg/L)	% Remoción
0	25.54	0
15	3.47	86.41
30	4.70	81.60
45	4.10	83.95
60	3.81	85.08

Tabla 4: Resultados obtenidos en la remoción de iones cobre utilizando una concentración constante de 5 mg/l de lauril sulfato de sodio.

Tiempo (min.)	Concentración Iones cobre (mg/L)	% Remoción
0	24.88	0
15	5.70	77.09
30	7.09	71.50
45	7.59	69.49
60	6.48	73.96

Tabla 5: Resultados obtenidos en la remoción de iones cobre no utilizando lauril sulfato de sodio.

Tiempo (min.)	Concentración Iones cobre (mg/L)	% Remoción
0	24.81	0
10	8.18	67.03
20	15.07	39.26

4. CONCLUSIONES

Los resultados de los estudios de remoción de coloides adsorbentes vía FAD demuestran que es necesario la adición de colector para la formación de los agregados coloides adsorbentes/microburbujas de aire.
Las mejores remociones fueron logradas utilizando una concentración de 20 mg/L de colector, manteniéndose la remoción sobre el 92% en cambio cuando no se utilizó el colector la remoción disminuyó considerablemente (alrededor de un 40%), confirmando que los coloides adsorbentes necesitan ser hidrofobizados para lograr ser removidos.

REFERENCIAS

1. Documento de Internet. RGF product. Disolved air flotation process. <htpp://www.rfg.com/products/dissolved_air_flotation_info.htm.>
2. Documento de Internet. Empresa especializada en protección medioambiental. <http://www.emgrisa.es/Tematicos/residuos/.>
3. Documento de Internet. Depuración y tratamientos de las aguas. <http://www1.ceit.es/asignaturas/Cursos/ii/cuarto/ciemedanTEMA1tratamagua.htm
4. Barraque,Ch y otros 1979. Manual técnico del agua. Bases teóricas de las principales procesos de tratamientos. Documento de Internet. http://cidta.usal.es/Unidad_H/ETAP/unidades/documentos/MTDA/caphtm/cap5-1.htm
5. Bratby, J., Marais, G.V.R., 1977. Flotation in: Purchas, D.B (Ed). Solid/liquid Separation Equipament Scale-Up. Croydon: Upland Press, Cap 5, pp 155-198.
6. Cooper Da Silva, Miriam, 1994. Remocao de ions cobre por FAD, Departamento de Metalurgia da Escola de Engenharia da UFRGS, Porto Alegre, Brasil, p.6-7.
7. Gulas, V. Et al, 1978. Factors affecting the design of disolved air flotation systems. Journal of the Water Pollution Control Federation v.50, p. 1835-1840.
8. Massai, C.X, 1986. Carbón activado obtenido a partir de madera de eucalipto globulus (labill), Tesis, Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias Forestales, Escuela de Ciencias Forestales, pp 60-63.
9. Mayo Rodrigo, 2002. Documento de Internet. Infoagua. <http://www.infoagua.org/.>
10. Rubio, J.,2000, Nuevas técnicas de tratamiento de partículas ultra finas y efluentes líquidos Minero-Metalúrgicos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Minas, 65-68p.
11. Rubio, J.,2002, Departamento de Ingeniería de Minas. Universidad Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. Documento de Internet. <http://www.aguamrket.com/temas_interes/0.32.asp.>
12. Takahashi, T.; Miyahara, T; Mochizuki, H, 1979. Fundamental study of bubble formation in dissolved air pressure flotation. Journal of Chemical Engineering of Japan, v. 12, n. 4, p. 275-280.